Relazione scientifica

Attività svolte nel contesto del programma di mobilità STM 2016

Dr. Giovanni Quattrocchi, Oristano, 10.06.2016

ABSTRACT

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte dal Dr. Quattrocchi nel contesto del programma di mobilità del CNR denominato Short Term Mobility 2016. Sono quindi descritti con dettaglio Il titolo del progetto di ricerca, le attività svolte, i risultati e le prospettive future dell'attività di ricerca.

Origine e titolo del progetto

Il gruppo di ricerca di Oceanografia e Processi Costieri dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) con sede Oristano è attivo nella modellazione numerica dell'idrodinamica costiera attraverso l'utilizzo di modelli numerici agli elementi finiti (Umgiesser et al. 2004; Cucco et al. 2006).
Questo gruppo di ricerca ha recentemente utilizzato l'innovativo modello per lo studio dell'oceanografia costiera, denominato Fluidity-ICOM, sviluppato presso i laboratori dell'Imperial College di Londra (Ford et al. 2004a, 2004b).Fluidity-ICOM è uno strumento di ricerca ideale per un innovativo approccio, scientifico e tecnico, allo studio delle dinamiche oceaniche costiere. Infatti, il modello include l'implementazione delle equazioni dell'idrodinamica non idrostatica, la tecnologia del re-meshing e la possibilità di utilizzo del modello nei supercalcolatori.
Le equazioni dell'idrodinamica non idrostatica, rendono il modello numerico particolarmente utile per applicazioni in aree costieredi transizione come stretti e canali che connettono ampi bacini oceanici (Quattrocchi et al. 2016; Cucco et al. 2016). In queste aree hanno origine rilevanti fenomeni nonlineari dovuti all'interazione tra dinamiche barotropiche e barocline e le complesse geometrie della linea di costa e della batimetria. L'oceanografia a scala di bacino potrà dunque beneficiare delle informazioni sulla dinamica costiera che sono ottenute dall'implementazione di questo tipo di modelli.
Il titolo del progetto di ricerca presentato dal Dr.Govanni Quattrocchi al programma di mobilità Short TermMobilitydel CNR, nel Febbraio 2016 è: "Set up of the non-hydrostatic finite elementocean model Fluidity-ICOM, for applications to seastraits". Il progetto trae origine dalla necessità di definire, attraverso un'attiva cooperazione bilaterale dei gruppi di ricerca Italiano e Inglese, una configurazione ottimale del modello Fluidity-ICOMper implementazioni in aree costiere critiche come gli stretti di mare.

Dettaglio attività

Settimana 1

a) Presentazione dello stato attuale relativo all'implementazione del modello Fluidity-ICOM nell'area test dello Stretto di Messina da parte del Dr. Giovanni Quattrocchi;
b) Presentazione del piano di sviluppo del modello oceanografico Fluidity-ICOM da parte del gruppo di sviluppo software dell'Imperial College di Londra;
c) Tavolo di lavoro per la definizione delle impostazioni del modello che sono necessarie per applicazioni in stretti di mare e canali.

Settimana 2

Trasferimento di conoscenzeriguardanti gli strumenti informatici che sono utilizzati dagli sviluppatori per implementare le impostazioni del modello oceanografico (i.e. utilizzo del linguaggio di programmazione Python e delle librerie di calcolo ad esso associate).

Settimana 3

Implementazione degli elementi informatici necessari per una configurazione ottimale del modello oceanografico Fluidity-ICOM nelle sue implementazioni per le seguenti aree test:

a) Lo Stretto di Messina;
b) La Laguna di Venezia;

Principali risultati

Dalla presentazione reciproca delle attività dei gruppi di ricerca Inglese e Italiano ha avuto inizio un "tavolo di lavoro" informale per la definizione di un piano tecnico e scientifico congiunto, dedicato alla pianificazione dello sviluppo d'interfacce software del modello oceanografico ed alla definizione delle sue

possibili applicazioni in ambito costiero.Lo Stretto di Messina e la Laguna di Venezia sono stati scelti come siti test per applicazioni costiere del modello Fluidity-ICOM.

Grazie al metodo del coaching il Dr. Quattrocchi ha avuto la possibilità di apprendere le principali caratteristiche degli strumenti informatici utilizzati dagli sviluppatori per implementare le impostazioni del modello oceanografico (i.e. Pythonscripting e relative librerie di calcolo).

Per l'applicazione dello Stretto di Messina sono state sceltee impostate le principali funzioni informatiche che consentono di configurareil modello numerico per applicazioni di tipo costiero. In seguito, è stato individuato un metodo ottimale d'interpolazione tridimensionale che è stato quindi implementato all'interno di un codice per la lettura delle condizioni iniziali e al contorno del modello numerico da set di dati esterni. Tali condizioni sono indispensabili per l'inizializzazione e l'avanzamento del calcolo nel modello numerico(si riporta un esempio in *Figura 1*).

Per l'applicazione della Laguna di Venezia sono state definite e impostate le principali funzioni informatiche che consentono di configurare il modello numerico per applicazioni di tipo costiero ed in particolare per la simulazione delle TidalFlats o Barene.
E' stata definita una griglia di calcolo per l'area della Laguna che servirà come griglia test per i primi esperimenti (*Figura 2*).
E' stato individuato un metodo ottimale per l'interpolazione di dati non strutturati sulla griglia di calcolo del modello ed è stato implementato all'interno di un codice scritto per la dichiarazione della batimetria concernente l'areadi studio (Si riporta un esempio in *Figura 3*).

IlDr. Quattrocchi ed il gruppo di ricerca cui afferisce hanno dunque ottenuto la possibilità di ampliare le proprie competenze informatiche ed estendere ulteriormente la rete di collaborazioni scientifiche.

Figura 1 Riporta un esempio di implementazione dell'interfaccia software del modello Fluidity-ICOM (lettura ed interpolazione tridimensionale di dati di input)

```
################################
################################
#!/usr/bin/envpython
# QUESTO è UNO SCRIPT PYTHON
# readnetCDF, generate array, rimuove NaN or specific data, interpolate

# COME UTILIZZARE
# runICreader.py
# ./ICreader.py
# ipythonICreader.py

# IMPORTA LE PRINCIPALI LIBRERIE DI CALCOLO
from scipy.io import netcdf
importscipy
importscipy.interpolate
importsys
importmath

#LETTURA DEL FILE DI INPUT PER L'INTERPOLAZIONE TRIDIMENSIONALE
f = netcdf.netcdf_file('/home/ocean/FLIC2015/ /20160513_h-INGV--TEMP-MFSeas1-MEDATL-b20160517_an-fv06.00.nc', 'r')

#LETTURA DELLE VARIABILI
depth = f.variables['depth']
lat = f.variables['lat']
lon = f.variables['lon']
time = f.variables['time']
T = f.variables['votemper']
f.close()

data=[];Temp=[];

#MODIFICA DIMENSIONE E ASSEGNAZIONE DELLE VARIABILI
```

```
for x in range(440,512):
for y in range(90,159):
for z in range(0,71):
data.append(scipy.array([lon[x],lat[y],depth[z]]))
Temp.append(scipy.array(T[1,z,y,x]))

# FILTRAGGIO VARIABILI
points_filtered =[];temp_filtered =[];
for idx in range(len(Temp)):
ifTemp[idx]< 0.9e10 :
temp_filtered.append(Temp[idx])
points_filtered.append(data[idx])

#RICHIAMA LA LIBRERIA DI INTERPOLAZIONE DESIDERATA
print 'generating interpolator'
interpolator = scipy.interpolate.LinearNDInterpolator(points_filtered,temp_filtered)

################################
################################
```

Figura 2 Esempio di una parte della griglia di calcolo ad alta risoluzione relativa alla Laguna di Venezia e da utilizzare per l'implementazione nel modello oceanografico per applicazioni costiere Fluidity-ICOM.

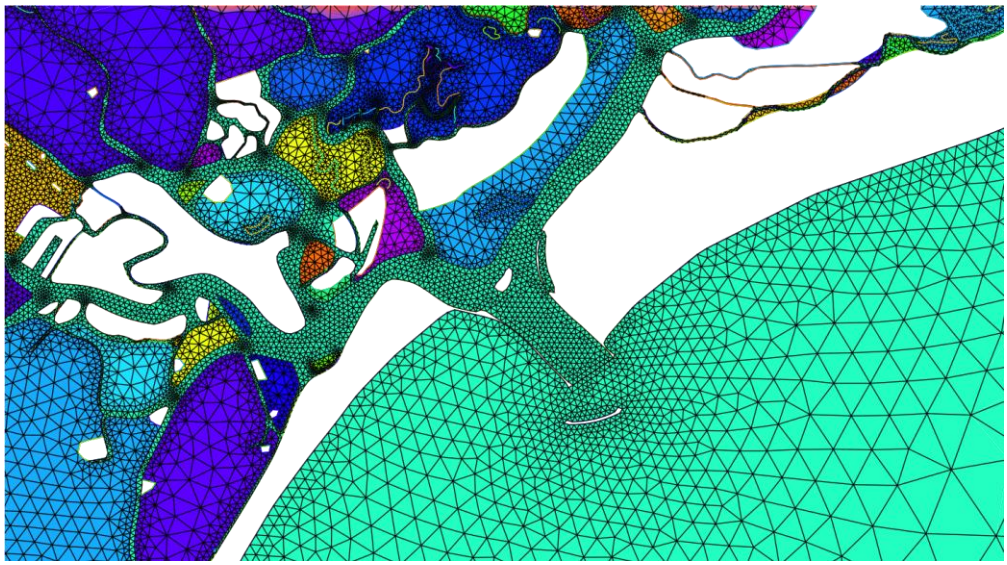

Figura 3 Riporta un esempio di implementazione dell'interfaccia software del modello Fluidity-ICOM (lettura ed interpolazione dei dati di batimetria del fondo)

```
################################
################################
#IMPORTA LE PRINCIPALI LIBRERIE DI CALCOLO
#!/usr/bin/envpython
importscipy
importscipy.interpolate
importsys
importmath
importnumpy

# IMPORTA I DATI NON STRUTTURATI
f = open('bathytest2.txt', 'r')
bat = numpy.genfromtxt(f)
xy=[]
depth=bat[:,2]

#MODIFICA DIMENSIONE E ASSEGNAZIONE DELLE VARIABILI
for x in range(len(bat)):
xy.append(numpy.array([bat[x,0],bat[x,1]]))
```

```
interpo=scipy.interpolate.LinearNDInterpolator(xy,depth)
f.close()

#LETTURA FUNZIONI DA INTERFACCIA MODELLO Fluidity-ICOM
def val(X,t)
importICreader_ascii
importGFD_BasisChangeToolsas GFD
importLatLongUTMconversion
  #X in cartesian
lon,lat,radius = GFD.cartesian_2_lonlatradius(X)
  #convertlon, lat to UTM
x,y = LatLongUTMconversion.LLtoUTM(23, lat,lon, zone=33)
  #x y in UTM
depth = ICreader_ascii.interpo(x,y)
returndepth

################################
################################
```

Prospettive future

L'iniziativa di ricerca finanziata dal programma STM 2016 ha permesso l'avvio di una stretta collaborazione informale tra i ricercatori dei due enti, Inglese e Italiano, che vedrà i sui frutti dalla pubblicazione dei risultati delle attività programmate,su riviste scientifiche internazionali.
Le attività future comprenderanno dei test iniziali delle implementazioni nell'area della Laguna di Venezia e dello Stretto di Messina che, in fase matura, saranno utili per l'analisi di specifici fenomeni idrodinamici costieri. I risultati sarannoquindi presentati alla comunità scientifica internazionale.

Bibliografia

Cucco, A., Quattrocchi, G., Olita, A., Fazioli, L., Ribotti, A., Sinerchia, M., Tedesco, C., Sorgente, R., 2016. Hydrodynamicmodeling of coastalseas: the role of tidaldynamics in the Messina Strait, Western Mediterranean Sea. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. 1–36. doi:10.5194/nhess-2016-75

Cucco, A., Umgiesser, G., 2006. Modeling the VeniceLagoon residence time. Ecol.Modell. 193, 34–51. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.043

Ford, R., Pain, C.C., Piggott, M.D., Goddard, A.J.H., de Oliveira, C.R.E., Umpleby, A.P., 2004a. A Nonhydrostatic Finite-Element Model for Three-DimensionalStratifiedOceanicFlows. Part I: Model Formulation. Mon. Weather Rev. 132, 2816–2831. doi:10.1175/MWR2824.1

Ford, R., Pain, C.C., Piggott, M.D., Goddard, A.J.H., de Oliveira, C.R.E., Umpleby, A.P., 2004b. A Nonhydrostatic Finite-Element Model for Three-DimensionalStratifiedOceanicFlows. Part II: Model Validation. Mon. Weather Rev. 132, 2832–2844. doi:10.1175/MWR2825.1

Quattrocchi, G., Cucco, A., Antognarelli, F., Satta, A., Maicu, F., Ferrarin, C., Umgiesser, G., n.d.Optimal design of a lagrangianobservingsystem for hydrodynamicsurveys. J.Oper. Oceanogr. doi:10.1080/1755876X.2015.1114805

Umgiesser, G., Canu, D.M., Cucco, A., Solidoro, C., 2004. A finite element model for the VeniceLagoon. Development, set up, calibration and validation. J. Mar. Syst. 51, 123–145. doi:10.1016/j.jmarsys.2004.05.009